

РАЗРАБОТКА ТЕОРИИ КВАЛИМЕТРИИ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ

DEVELOPMENT OF THE THEORY OF QUALITY MEASUREMENT HARDWARE PRODUCTION

Г.С. Гун¹, М.В. Чукин¹, Г.Ш. Рубин², И.Г. Гун¹,
И.Ю. Мезин¹, Д.М. Закиров³, А.Г. Корчунов¹

¹ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск

²ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет»,
г. Магнитогорск

³ОАО «Белебеевский завод «Автонормаль»,
Республика Башкортостан, г. Белебей
Россия, m.chukin@mail.ru

Theory of complex quantitative assessment quality (quality measurement) of ironwares and its production technologies based on the united design principle of the ironwares properties structuring and the systems approach to the estimation of the articles and technological processes quality is developed. Functional- purposeful analysis as the methodological basis of metalware and technologies quality research is proposed.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова впервые в нашей стране (тогда еще в СССР) стал готовить специалистов для метизного производства. В этой связи появилась и развивалась научная школа магнитогорских метизников. В Магнитогорске располагался единственный в СССР уникальный Всесоюзный научно – исследовательский институт метизного производства (ВНИИметиз), в городе успешно работали два ведущих метизных предприятия страны – Магнитогорский калибровочный (МКЗ) и Магнитогорский метизно – металлургический (МММЗ) заводы, а в 80-ти км от города - крупнейшее метизное предприятие с полным металлургическим циклом - Белорецкий металлургический комбинат (БМК). Наличие «метизной» научно-технической инфраструктуры позволило магнитогорским ученым занять опорные позиции в научном обеспечении производства метизов.

Квалиметрия – сравнительно молодая наука о количественной оценке качества, впервые предложенная Г.Г. Азгальдовым [1], который сформулировал основные принципы общей, специальной и предметной квалиметрии, успешно развивающейся в различных отраслях науки, техники и даже в оценке общественных явлений, состояния систем и государств.

На протяжении 30-ти лет авторы статьи с коллегами и соратниками развивают теорию комплексной оценки качества – квалиметрию метизного производства [2-19]. За эти годы выполнен значительный комплекс исследований в области оценки, прогнозирования и управления качеством метизных изделий и процессов их производства (рис. 1).

До настоящего времени не решен ряд проблем (табл. 1) общей теории квалиметрии, а в приложении к различным объектам исследований не хватает корректных рабочих методик и алгоритмов расчета оценок качества изделий и технологий.

Основные задачи, решенные нами к настоящему времени, следующие (рис. 2):

- представлен категорийный аппарат квалиметрии на основе разработанных понятий: функция объекта оценивания, потребительская фаза объекта, взаимодействие;

- разработаны принципы структурирования качества объектов с использованием функционального подхода;

- разработаны новые методы определения степени влияния отдельных структурных единиц и иерархии качества на групповые и комплексные оценки;

- разработаны методы свертки оценок качества в групповую оценку, учитывающие синергетический эффект системы;

- предложены показатели и методы комплексной оценки технологического процесса;

- разработаны методы пооперационного анализа качества технологического процесса.

Решение названных выше задач позволило разработать и реализовать методологию комплексной количественной оценки качества метизов и технологий их производства, основанную на:

- едином конструктивном принципе структурирования свойств метизов;

- системном подходе к оценке качества изделий и технологических процессов;

- оценке собственно параметров процесса, а не только качества конечного результата в виде изделия.

В МГТУ разработана методология функционально-целевого анализа [20] для управления метизным производством, базирующаяся на:

- определении понятия «функция изделия» на основе физического взаимодействия;

- определении интервала жизненного цикла, на котором происходит оценивание изделий, который назван потребительской фазой;

- выделении трех стадий потребительской фазы – транспортной, монтажной и эксплуатационной.

Основу функционально-целевого анализа составляют:

- системный подход к комплексной оценке качества;
- процессный подход к оценке результативности технологического процесса;
- методы управления технологическим процессом с целью получения заданного качества

метизов, повышения результативности технологического процесса.

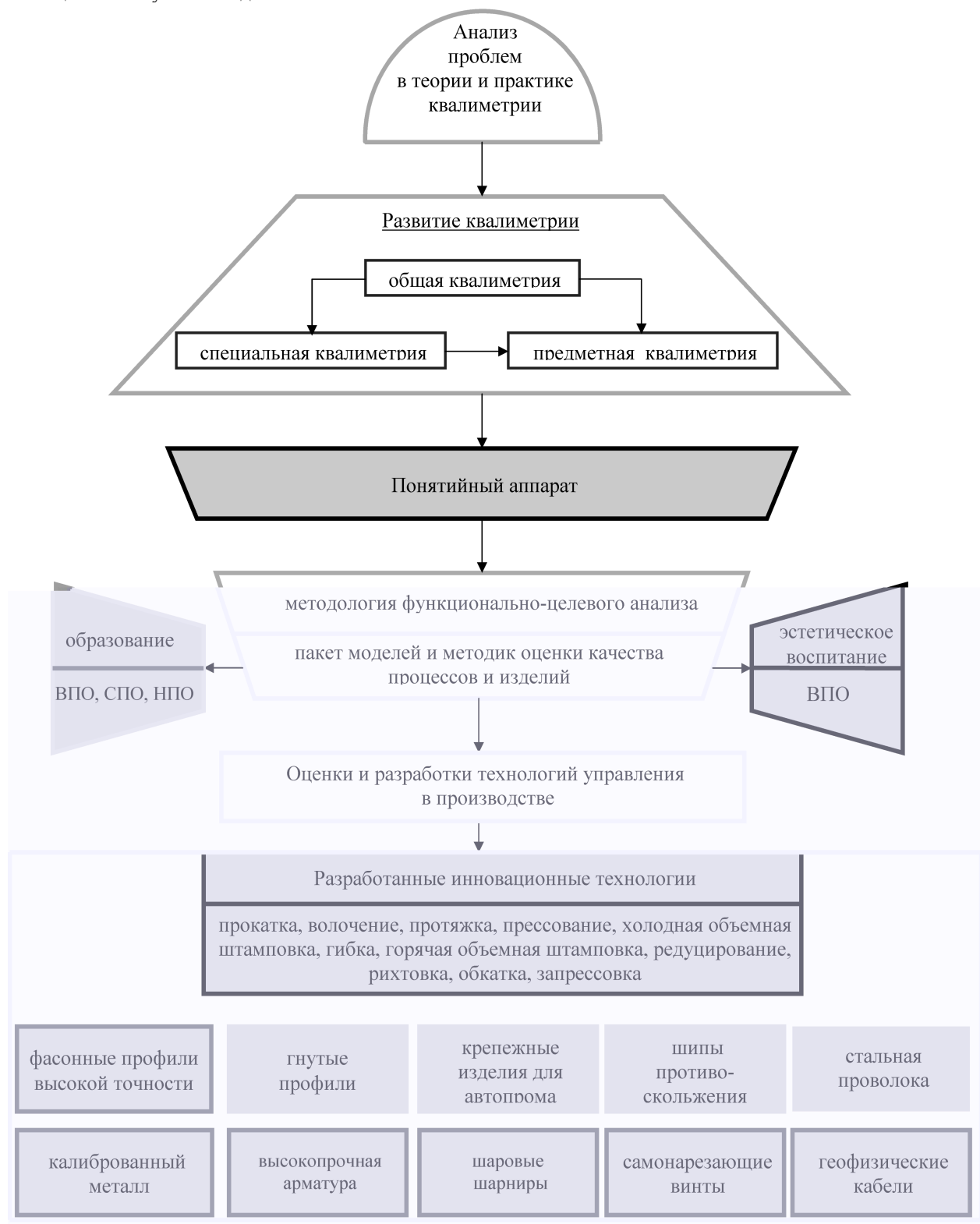


Рис. 1. Граф исследований МГТУ в квалиметрии метизного производства

Таблица 1

Основные проблемы квалиметрии

Положение	Проблема
Древовидная структура свойств	Отсутствие принципа структурирования
Свертка оценок с учетом весомостей свойств	Отсутствие эффективного метода определения весомостей
Свертка при помощи формул средних и треугольных форм	Отсутствие формул для свертки доминирующих свойств с учетом весомостей
	Не учитывается системное взаимодействие свойств
Качество – совокупность свойств для удовлетворения определенных потребностей	Не определена часть жизненного цикла объекта, на котором производится оценивание

Таким образом, удалось развить общую, специальную, а также предметную квалиметрию применительно к метизному производству (рис. 3).

Научным коллективом Магнитогорского государственного технического университета им Г.И. Носова совместно с производителями удалось решить ряд актуальных прикладных задач по оценке качества, созданию новых технологий и управлению производством на предприятиях ОАО «ММК-МЕТИЗ», Белебеевском заводе «Автономаль», Белорецком металлургическом комбинате, Череповецком сталепрокатном заводе и др.

Первые созданные нами методы расчета оценки, выбора технологии апробированы на стальных фасонных профилях высокой точности и калиброванном металле на Череповецком сталепрокатном и Магнитогорском калибровочном заводах. Серьезные циклы научно-исследовательских и внедренческих работ на основе квалиметрии проведены коллективом ОАО «БелЗАН» и ЗАО НПО «Белмаг», что позволило внедрить новые виды крепежа и шаровых шарниров, а также повысить эф-

фективность технологических процессов их изготовления.

Разработана методика оценки результативности технологического процесса производства высокопрочной арматуры для железобетонных шпал (ЖБШ).

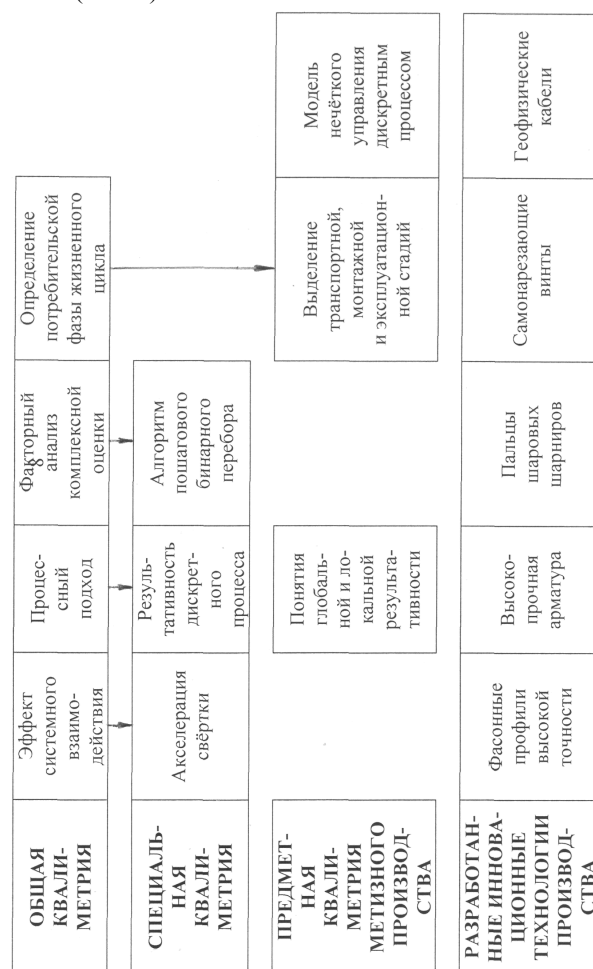




Рис. 3. Структурно-логическая схема исследований

Современная ЖБШ - цельнобрусковая из предварительно напряженного железобетона, армированная высокопрочной арматурой периодического профиля диаметром до 10,0 мм. Основным несущим элементом в конструкции ЖБШ - шпалы нового поколения является высокопрочная арматура. Показатели качества (ПК) высокопрочной арматуры для ЖБШ оцениваются по механическим свойствам, длительной прочности, величине потерь напряжения от релаксации, стойкости к коррозионному растрескиванию, уровню сцепления с бетоном. Регламентируются также требования к качеству поверхности, предельно допустимые отклонения по овальности и массе погонного метра арматуры.

С учётом особенностей технологии и для упрощения расчётов методика адаптирована к условиям исследуемого технологического процесса. В качестве меры изменения показателя качества примем арифметическую разность значений, т.е. $\rho(P_i^{j-1}, P_i^j) = |P_i^j - P_i^{j-1}|$, $\rho(P_i, P_i^b) = |P_i^b - P_i|$, (1) где $i = 1, \dots, m$ - индекс свойства; $j = 1, \dots, n$ - индекс операции.

Тогда результативность операции по соответствующему свойству определяется формулой:

$$G_i^j = \frac{P_i^j - P_i^{j-1}}{P_i - P_i^b}. \quad (2)$$

Глобальная результативность процесса рассчитывается по простой аддитивной формуле без учёта акселерации: $G = \sum_{i=1}^m G_i$. (3)

Для расчёта показателей результативности использованы данные изменения значений показателей качества высокопрочной арматуры для ЖБШ по действующей технологии.

Оценка локальной результативности операции по одному свойству, по всем свойствам и оценка локальной результативности всего процесса в целом произведена по адаптированным формулам. Тогда оценкой локальной результативности по одному ПК будет служить величина:

$$L_i^j = \frac{P_i^j}{\text{Lim}_i^j} \text{ или } L_i^j = \frac{\text{Lim}_i^j}{P_i^j}. \quad (4)$$

Далее получена оценка результативности процесса по одному свойству и процесса в целом:

$$L_i = \sum_{j=1}^n L_i^j, L = \sum_{i=1}^m L_i. \quad (5)$$

При помощи алгоритма факторного анализа, разработанного в гл. 2, получен следующий градиент комплексной оценки результативности:

$$\delta = 0,11 \ 0,87 \ 0,23 \ 0,09. \quad (6)$$

Здесь первая компонента соответствует операции подготовки поверхности к деформации, вторая – волочению, третья – профилированию, четвёртая – стабилизации. Таким образом, наибольший потенциал результативности имеет операция волочения на размер под профилирование.

Проведенные исследования позволили предложить новый режим деформационной обработки. Сравнительная характеристика этих процессов приведена в табл. 2.

Внедрение усовершенствованных режимов деформационной обработки высокопрочной арматуры позволило снизить интервалы разброса ПК

готовой продукции по временному сопротивлению разрыву в 1,35 раза, по относительному удлинению – в 1,6 раза, по относительному сужению - в 1,9 раза по сравнению с ранее действующими режимами.

В 2010 г. кафедра машиностроительных и металлургических технологий участвовала в конкурсе и получила субсидию в размере 178 млн. руб. на 2010 - 2012 гг. на выполнение проекта «Создание высокотехнологичного производства стальной

арматуры для железобетонных шпал нового поколения на основе инновационной технологии термомодеформационного наноструктурирования», выполняемого совместно с ОАО «ММК-МЕТИЗ» на основании Постановления Правительства РФ от 9 апреля 2010 г. № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства».

Таблица 2

Сравнительная характеристика результативности технологического процесса

Оценка результативности	Глобальная результативность, G	Локальная результативность, L	Комплексная оценка результативности, C
по действующим технологическим режимам обработки	3,00	10,70	5,68
после совершенствования	3,00	11,75	5,94

В создаваемом на ОАО «ММК-МЕТИЗ» производстве, наряду с современными методами оценки и управления качеством, используются следующие высокие технологии:

- специальный вид термической обработки углеродистых сталей, обеспечивающий получение ультрамелкозернистой и наноструктуры материала, обладающей высокой прочностью и способностью к последующему деформационному воздействию с большими суммарными деформациями;

- высокопроизводительная многократная деформационная холодная пластическая обработка в инструменте с конической формой образующей рабочей поверхности, активирующая на каждом цикле деформации свободные плоскости скольжения, что приводит к дополнительной фрагментации структуры материала и обеспечивает максимальное упрочнение обрабатываемой арматуры.

- специальный вид термомодеформационной обработки, заключающийся в одновременном воздействии пластической деформации при нанесении периодического профиля на поверхность арматуры и термического воздействия под сильным натяжением, что обеспечивает высокий комплекс специальных свойств наноструктурной арматуры: сцепление с бетоном, релаксационную стойкость, циклическую прочность и коррозионную стойкость.

Коммерциализация инновационных научно-практических результатов проекта позволяет впервые в России создать в условиях металлургических предприятий метизной отрасли наукоемкое производство арматуры для железобетонных шпал нового поколения на основе технологий термомодеформационного наноструктурирования углеродистых сталей, обеспечивающих достижение наноструктурного состояния обрабатываемого материала и повышение всего комплекса эксплуатационных характеристик готовой продукции.

С успехами научного коллектива вуза связано создание в МГТУ уникального докторского совета по управлению качеством в металлургии (единственного такого совета в России), открытие ряда специальностей по сертификации и управлению качеством продукции, в Магнитогорске организован филиал Академии проблем качества РФ.

Работа выполнена в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием российского высшего учебного заведения (договор 13.G25.31.0061 от 22.10.2010г.).

Библиографический список

1. Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П. О калиметрии. М.: Стандарты, 1972. 172 с.
2. Рубин Г.Ш., Гун Г.С. Логические законы оценки качества продукции. Магнитогорск, 1981. 23 с. Деп. ВИНТИ 19.09.1981, № 4105-81 В.
3. Гун Г.С. Управление качеством высокоточных профилей. М.: Металлургия, 1984. 152 с.
4. Гун Г.С., Чукин М.В. Оптимизация процессов технологического и эксплуатационного деформирования изделий с покрытиями. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. 323 с.
5. Калиметрическая оценка производства автомобильного крепежа: Монография / Д.М. Закиров, Г.Ш. Рубин, И.Ю. Мезин, и др. // Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2007. 158 с.
6. Управление качеством при производстве шипов противоскольжения: Монография / Д.М. Закиров, Г.Ш. Рубин, И.Ю. Мезин, и др. // Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. 114 с.
7. Комплексная оценка эффективности процессов производства шаровых пальцев / И.Г. Гун, Г.Ш. Рубин, В.В. Сальников, и др. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. 133 с.
8. Методика выбора рациональной технологической схемы производства профилей калиб-

рованного металла / *Г.Ш. Рубин, Г.С. Гун, И.Н. Киреев, и др.* // Известия ВУЗов. Черная металлургия. 1980. № 11. С. 40-42.

9. Выбор эффективной технологии получения профилей повышенной точности для машиностроения / *Г.Ш. Рубин, Г.С. Гун, Е.А. Пудов, и др.* // Известия ВУЗов. Машиностроение. 1981. № 5. С. 155-157.

10. Комплексная оценка качества стальной канатной проволоки / *Г.Ш. Рубин, Г.С. Гун, Е.А. Пудов, и др.* // Сталь. 1983. № 1. С. 56-57.

11. *Закиров Д.М., Рубин Г.Ш., Сальников В.В.* Аппарат математической логики для комплексной оценки эффективности технологических процессов // Производство проката. 2006. № 12. С. 35-58.

12. Проблема повышения качества крепежных изделий / *В.В. Чукин, Г.Ш. Рубин, Ф.Т. Вахитова, и др.* // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 4. С. 99-102.

13. *Рубин Г.Ш., Камалутдинов И.М.* Функциональный анализ структуры свойств геофизического кабеля // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 1 (29). С. 70-71.

14. *Рубин Г.Ш.* Функционально-целевой анализ качества изделий // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. № 2 (34). С. 29-30.

15. Выбор рациональной технологии при производстве высокоточных профилей с применением методов количественного измерения качества / *Г.Ш. Рубин, С.Б. Сторожев, Г.С. Гун, и др.* // Пятитетке качества и эффективности - труд и поиск молодых металлургов: Всесоюз. науч.-техн. конф. Тула, 1978. С. 92-93.

16. Выбор эффективной технологии производства метизов автомобильного назначения / *Г.Ш. Рубин, В.В. Чукин, Д.М. Закиров, и др.* // Труды седьмого конгресса прокатчиков (Том 1). М., 15 - 18 октября 2007 г. С. 395-399.

17. Методология комплексной оценки процессов холодной объемной штамповки / *И.Ю. Мезин, Г.Ш. Рубин, Д.М. Закиров, и др.* // Современные достижения в теории и технологии пластической обработки металлов: Труды междунар. науч.-техн. конф. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. С. 388-391.

18. *Рубин Г.Ш.* Функциональный анализ как методологическая основа управления качеством метизов // Труды восьмого конгресса прокатчиков (Том 1). Магнитогорск, 11-15 октября 2010 г. С. 397-399.

19. *Рубин Г.Ш., Корчунов А.Г., Лысенин А.В.* Управление результативностью многооперационных технологических процессов // Управление большими системами: Материалы VIII Всеросс. школы - конф. молодых ученых. М., 2011. С. 327-331.

20. *Рубин Г.Ш., Чукин М.В., Гун Г.С., Гун И.Г.* Развитие квалиметрии метизного производства // Инновационные технологии обработки металлов

давлением: Сб. докл. междунар. науч.-техн. конф. М.: НИТУ, 2011. С. 320-325.

Сведения об авторах

Гун Геннадий Семенович - советник ректора, профессор кафедры «Машиностроительных и металлургических технологий» (ММТ) ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (МГТУ), докт. техн. наук

Чукин Михаил Витальевич - заведующий кафедрой «ММТ» ФГБОУ «МГТУ», профессор, докт. техн. наук

Раб. тел. 8(3519) 29-85-26, эл. адрес m.chukin@mail.ru

Рубин Геннадий Шмулевич - доцент кафедры прикладной математики ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет», канд. техн. наук

Гун Игорь Геннадьевич - профессор кафедры «Технологий, сертификации и сервиса автомобилей» ФГБОУ ВПО «МГТУ», докт. техн. наук

Закиров Дильфат Минияхметович - председатель совета директоров ОАО «Белебеевский завод «Автономаль», докт. техн. наук.

Мезин Игорь Юрьевич - заведующий кафедрой «Технологий, сертификации и сервиса автомобилей» ФГБОУ ВПО «МГТУ», профессор, докт. техн. наук

Корчунов Алексей Георгиевич - заведующий кафедрой «Механического оборудования металлургических заводов» ФГБОУ ВПО «МГТУ», профессор, докт. техн. наук